ಬಲದ ಪರ್ಯಾಯ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಶೋಧಿಸುವುದು

ಸೌರವ್ ಶೋಮ್

ಬಲದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆ ನ್ಯೂಟನ್ ನ ಯಂತ್ರವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ (ಮೆಕಾನಿಕ್ಸ್‌ನಲ್ಲಿ) ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕ ಶಿಕ್ಷಕರು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಂಡಿರಬೇಕೆಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗುವ ಒಂದು ಮೂಲಭೂತ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯಾಗಿದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕ ಶಿಕ್ಷಕರು ನ್ಯೂಟನ್ ನ ಚಲನೆಯ ನಿಯಮಗಳ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಪರಿಚಿತರಾಗಿದ್ದರೂ, ಬಲದ ಬಗ್ಗೆ ಕೆಲವು ತಪ್ಪು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಲೇಖನವು ಈ ಪರ್ಯಾಯ ತಪ್ಪು-ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸಲು ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರಶ್ನಿಸಲು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಒಂದು ಸರಣಿಯನ್ನು ಪ್ರಸ್ತುತ ಪಡಿಸುತ್ತದೆ.

ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಯಂತ್ರಶಾಸ್ತ್ರ(ಮೆಕ್ಯಾನಿಕ್ಸ್) ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಬಲದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ತಿಳುವಳಿಕೆಗೆ ಮೂಲಭೂತವಾದುದಾಗಿದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕ -ಪ್ರಶಿಕ್ಷಕರು ಈ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಅನೇಕ ಪರ್ಯಾಯ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು [ಅಥವಾ ತಪ್ಪು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು] ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರವೂ ಇದಾಗಿದೆ. ಮತ್ತು ಕೆಲವು ವೇಳೆ ವೃತ್ತಿಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿರುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸಹ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಈ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಪರಿಕಲ್ಪನಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಸ್ಪಷ್ಟತೆ ಹೊಂದಿರದೇ ಇರುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿ ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಬಲದ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ತಪ್ಪುಗ್ರಹಿಕೆಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ವೈಯಕ್ತಿಕ ತಪ್ಪುಗಳು ಅಥವಾ ಅರಿವಿನ ಮಿತಿಗಳ ಬದಲಾಗಿ ನೈಜ ಜೀವನದ ಅನುಭವದಿಂದ ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತವೆ. ಗೆಲಿಲಿಯೋ-ಪೂರ್ವ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟನ್-ಪೂರ್ವ ಯುಗಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲುವಂತೆ ಈ ತಪ್ಪು-ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳು ಅವರ ತಿಳುವಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಆಳವಾಗಿ ಹುದುಗಿಹೋಗಿವೆಯೆಂದರೆ, ಅವರ ಈ ತಪ್ಪುಗಳನ್ನು ಕೇವಲ ತೋರಿಸುವುದು ಅಥವಾ ಅವುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಸರಿಯಾದ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಅವರನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ಕಂಡುಬರುತ್ತಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಪರಿಕಲ್ಪನಾತ್ಮಕ ಚೌಕಟ್ಟನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಮತ್ತು ಅವನಲ್ಲಿ/ಅವಳಲ್ಲಿ ಸಂಜ್ಞಾನಾತ್ಮಕ ಸಂಘರ್ಷವನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಲು ಕೆಲವು ಸನ್ನಿವೇಶಗಳನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸಿ ಪ್ರಶ್ನಿಸುವುದು ಮುಖ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

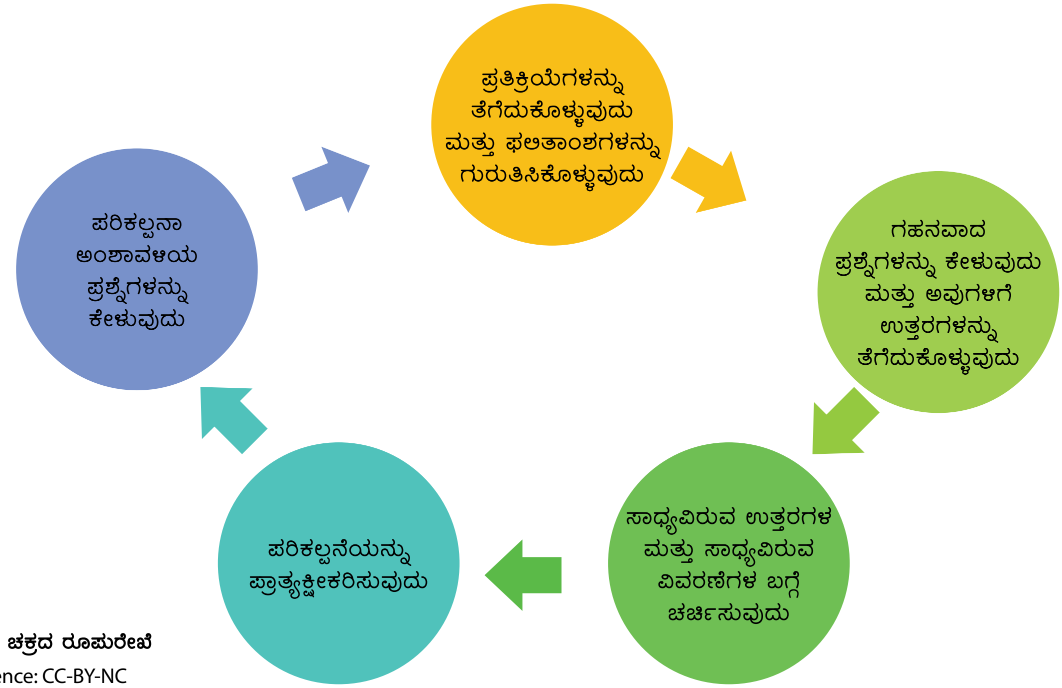
ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಲೇಖಕರು ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕ ಶಿಕ್ಷಕರೊಂದಿಗೆ ಒಂದು ಕಾರ್ಯಾಗಾರದ ಅಧಿವೇಶನದಲ್ಲಿ ತಮ್ಮನ್ನು ತೊಡಗಿಸಿಕೊಂಡು ಬಲ ಹೇಗೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದರ ಬಗ್ಗೆ ಅವರ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ತಪ್ಪು-ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿದ ತಮ್ಮ ಅನುಭವಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ಕಾರ್ಯಾಗಾರದ ಸಹಭಾಗಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ:

ಬಲದ ಬಗ್ಗೆ ನಡೆಸಿದ ಕಾರ್ಯಾಗಾರದ ಸತ್ರಕ್ಕೆ ಉತ್ತರ ಭಾರತದ ರಾಜ್ಯ ಒಂದರ ಒಂದೇ ಜಿಲ್ಲೆಯಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿದ್ದ 19 ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು 8 ಮಂದಿ ಶಿಕ್ಷಕ-ಪ್ರಶಿಕ್ಷಕರು ಹಾಜರಾಗಿದ್ದರು.

ಎಲ್ಲಾ ಶಿಕ್ಷಕರೂ ಕನಿಷ್ಠ ಹತ್ತು ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಪ್ರಾಥಮಿಕ/ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ಮತ್ತು ಪ್ರೌಢ ಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು/ಅಥವಾ ಪರಿಸರ ಅಧ್ಯಯನದ ವಿಷಯವನ್ನು ಬೋಧಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಅವರಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಶಿಕ್ಷಕರು ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಸ್ನಾತಕ/ಸ್ನಾತಕೋತ್ತರ ಪದವಿಯನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದರು. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಎಲ್ಲಾ ಶಿಕ್ಷಕ ಶಿಕ್ಷಕರು ಕನಿಷ್ಠ ವಿಜ್ಞಾನದ ಸ್ನಾತಕೋತ್ತರ ಪದವಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು, ಶಾಲಾ ಬೋಧನೆ ಮತ್ತು ಅಧ್ಯಾಪಕ-ಶಿಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ 0-15 ವರ್ಷಗಳ ಸಂಯುಕ್ತ ಅನುಭವವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರು.





ಚಿತ್ರ 1. ಅಧಿವೇಶನದ ಪ್ರಕ್ರಿಯಾ ಚಕ್ರದ ರೂಪುರೇಖೆ
Credits: Saurav Shome. Licence: CC-BY-NC

ಕಾರ್ಯಾಗಾರ–ಅಧಿವೇಶನದ ಸ್ಥೂಲ ವಿನ್ಯಾಸ

ಕಾರ್ಯಾಗಾರ–ಭಾಗಿಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಜ್ಞಾನಾತ್ಮಕ ಸಂಘರ್ಷವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಲು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಚಕ್ರದ ರೂಪುರೇಖೆಯನ್ನು **ಚಿತ್ರ 1** ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಸತ್ರದ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಮೂನೆ ಈ ಮುಂದಿನ ಕ್ರಮವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿತ್ತು. ಮೊದಲಿಗೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಸಮಸ್ಯೆಯ ಸಂದರ್ಭವನ್ನು ಪರಿಚಯಿಸಲಾಯಿತು. ನಂತರ ಆ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಒಂದು ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಅವರಿಗೆ ಕೇಳಲಾಯಿತು. ನಂತರ ಕೆಲವು ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಮೌಖಿಕವಾಗಿ ಕೇಳಿ ಅಥವಾ ಬ್ಲ್ಯಾಕ್ ಬೋರ್ಡ್ ಮೇಲೆ ಬರೆದು ಅವುಗಳಿಂದ ತಮಗೆ ಸರಿ ಎನಿಸಿದ ಉತ್ತರವನ್ನು ಆಯ್ದುಕೊಳ್ಳಲು ಸಹಭಾಗಿಗಳನ್ನು ಪ್ರೋತ್ಸಾಹಿಸಲಾಯಿತು, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪ್ರಶ್ನೆಗೂ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ತಮ್ಮ ಆಯ್ದ ಉತ್ತರವನ್ನು ಒಂದು ಚೀಟಿಯಲ್ಲಿ ಬರೆಯುವಂತೆ ಹೇಳಲಾಯಿತು. ನಂತರ ಲೇಖಕರು ಆ ಚೀಟಿಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿಕೊಂಡು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಉತ್ತರ

ಬಲವನ್ನು ನೀವು ಎಷ್ಟು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಂಡಿದ್ದೀರಿ?

ಚಲನೆ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಬಲವೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ!

ಪ್ರಶ್ನೆ 1: ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಎರಡು ಕುರ್ಚಿಗಳಿವೆ – A ಮತ್ತು B. ಅವು ಒಂದೇ ಕಡೆಗೆ ಮುಖ ಮಾಡಿವೆ. ಕುರ್ಚಿ– A ಮೇಲೆ ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯ ಕುಳಿತಿದ್ದಾನೆ ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ– B ಯ ಹಿಂದಿನ ಭಾಗದ ಮೇಲೆ ತನ್ನ ಕೈಗಳನ್ನು ಇಡುತ್ತಾನೆ. ಇದ್ದಕ್ಕಿದ್ದಂತೆ ಆ ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿ– B ಯನ್ನು ತಳ್ಳುತ್ತಾನೆ. ಈ ರೀತಿ ತಳ್ಳುದುದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿ, ಈ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಈ ಕೆಳಗಿನ ಹೇಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದು ಸರಿಯಾದುದು ಎಂದು ನಿಮಗೆ ಅನ್ನಿಸುತ್ತದೆ?

ಎ) ಮನುಷ್ಯನಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕುರ್ಚಿಯಾಗಲಿ ಒಬ್ಬರು ಇನ್ನೊಬ್ಬರ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಬಿ) ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿ– B ಯ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾನೆ. ಆದರೆ ಕುರ್ಚಿ– B ಮನುಷ್ಯನ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೇ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಸಿ) ಮನುಷ್ಯ ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ– B ಎರಡೂ ಒಂದು ಇನ್ನೊಂದರ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಕುರ್ಚಿ– B ಮನುಷ್ಯನ ಮೇಲೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ.

ಡಿ) ಮನುಷ್ಯ ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ– B ಈ ಎರಡೂ ಒಂದು ಇನ್ನೊಂದರ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿಯ ಮೇಲೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾನೆ.

ಇ) ಮನುಷ್ಯ ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ– B ಈ ಎರಡೂ ಒಂದು ಇನ್ನೊಂದರ ಮೇಲೆ ಒಂದೇ ಪರಿಮಾಣದ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತವೆ.

ಉತ್ತರಗಳು: 22(81%) ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಪರ್ಯಾಯ ಉತ್ತರ ಸಿ)ಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದರು. ಆದರೆ 5(19%) ಸಹ–ಭಾಗಿಗಳು ಪರ್ಯಾಯ ಉತ್ತರ ಇ)ಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದರು.

ನೀವು ಯಾವ ಪರ್ಯಾಯ ಉತ್ತರವನ್ನು ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವಿರಿ?



ಚಿತ್ರ 2. ಕುರ್ಚಿ – Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿ – Bಯನ್ನು ತಳ್ಳುತ್ತಿರುವುದು.
ಕೃಪೆ: ಸೌರವ ಶೋಮ್ ಲೈಸೆನ್ಸ್: CC-BY-NC

ಎಷ್ಟು ಬಾರಿ ಬಂದಿದೆ ಮತ್ತು ಎಷ್ಟು ಪ್ರತಿಶತ ಬಂದಿದೆ (%) ಎಂಬುದನ್ನು ಗುರುತು ಮಾಡಿಕೊಂಡರು. ಸಹ-ಭಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳ ಗೋಪ್ಯತೆಯನ್ನು ಸಂರಕ್ಷಿಸಲು ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಯಿತು.

ಮೊದಲನೆ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಹೊರತುಪಡಿಸಿ, ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಬಲ ಪರಿಕಲ್ಪನೆ ಅಂಶಾವಳಿಯಿಂದ (Force Concept Inventory – FCI) ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಸರಳಗೊಳಿಸುವ ಮತ್ತು ಸಹ-ಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ಸಾಂದರ್ಭಿಕವಾಗಿ ಸಂಬಂಧಗೊಳಿಸುವ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳ ಮತ್ತು ಉತ್ತರಗಳ ಪದ-ಪುಂಜಗಳನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಬದಲಾಯಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಉತ್ತರಗಳ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಮೌಖಿಕವಾಗಿ ಕೇಳಲು ಹಿಂದಿಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ (ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಪರಿಚಯವಿದ್ದ ಭಾಷೆ) ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿನ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ.

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಉತ್ತರ ಎಷ್ಟು ಬಾರಿ ಬಂದಿದೆ ಮತ್ತು ಎಷ್ಟು ಪ್ರತಿಶತ ಬಂದಿದೆ ಎಂದು ಗುರುತಿಸಿಕೊಂಡ ನಂತರ ಕೆಲವು ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು, ವಾದ-ವಿವಾದವನ್ನು ಆರಂಭಿಸಲು ಲೇಖಕರು ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ಗಹನವಾದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಕೇಳಿದರು. ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುವಾಗ ಲೇಖಕರು ಕೆಲವು ಹೊಸ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಪರಿಚಯಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಒಂದು ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸಿದ ನಂತರವೇ ಮತ್ತು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಆ ಪ್ರಶ್ನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಸಾಕಷ್ಟು ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದುದನ್ನು ತೋರಿಸಿದ ನಂತರವೇ ಮುಂದಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿದ್ದರು.

ಉತ್ತರ – 1: ಪ್ರಶ್ನೆ 1ರ ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರ (e) ಪರ್ಯಾಯದಲ್ಲಿರುವುದು. ಹಾಗಾದರೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಪರ್ಯಾಯ (b)ಯನ್ನು ಏಕೆ ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿದರು?

ಕುರ್ಚಿ– A ಯಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಚಲನೆ ಇರಲಿಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಗಮನಿಸಿದರು ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಕುರ್ಚಿ– B ಯಲ್ಲಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಚಲನೆ ಇರುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರು. ಅವರುಗಳು ಬಲದ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೂ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಚಲನೆಗೂ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸಿದರು. ಈ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಕುರ್ಚಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದರು. ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೊದಲನೆ ನಿಯಮವನ್ನು ಉಲ್ಲೇಖಿಸುತ್ತಾ, ಕುರ್ಚಿ– A ವಿಶ್ರಾಂತಿಯಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಯಾವುದೇ ಬಲ ಇರಲಿಲ್ಲ ಎಂದು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ವಾದಿಸಿದರು.

ಈ ವಾದ ತಪ್ಪು ಏಕೆ? ಈ ಪರ್ಯಾಯವನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದುದರಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಬೇಕಾದ ಒಂದು ನಿರ್ಣಾಯಕ ಅಂಶವಿದೆ. ಸಹ-ಭಾಗಿಗಳು ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಪರಿಗಣನೆಗಳನ್ನು ಉಪೇಕ್ಷಿಸಿದ್ದರು: ಅವೆಂದರೆ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೂರನೇ ನಿಯಮದ ಉಲ್ಲಂಘನೆ ಮತ್ತು ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲ. ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೂರನೇ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಕುರ್ಚಿ– A ಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿ– B ಯ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ, ಕುರ್ಚಿ– B ಸಹ ಸರಿಯಾಗಿ ಅಷ್ಟೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲವನ್ನು ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ ಈ ಎರಡು ಕುರ್ಚಿಗಳು ಈ ಬಲವನ್ನು ಅನುಭವಿಸಿ, ಚಲಿಸುವಾಗ, ಮತ್ತೊಂದು ಎರಡನೆಯ ಬಲ ಅಂದರೆ ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ತೊಡಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಎರಡೂ ಕುರ್ಚಿಗಳ ಗಾಲಿಗಳ ತಿರುಗುವಿಕೆಯ ಮೇಲೆ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಿಸುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಕುರ್ಚಿಗಳೂ ತಳ್ಳುವಿಕೆಯ ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲವನ್ನು ಅನುಭವಿಸಿದರೂ ಅಂದರೆ ಪಡೆದರೂ, ಅವು ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲವನ್ನು ಅನುಭವಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಇದರ ಅರ್ಥ ಎರಡು ಕುರ್ಚಿಗಳ ತೂಕದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಕುರ್ಚಿ– A ಅದರ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯನ ತೂಕವನ್ನು ಅತಿರಿಕ್ತವಾಗಿ ಹೊತ್ತಿರುವುದರಿಂದ, ಅದು ಕುರ್ಚಿ– B ಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಎರಡು ಕುರ್ಚಿಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾದ ದೂರಗಳಿಗೆ ಚಲಿಸಲು ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ.

ಆಸಕ್ತಿದಾಯಕ ವಿಷಯವೆಂದರೆ, ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೂರನೇ ನಿಯಮವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಲು ಕೇಳಿದಾಗ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಅದನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿಯೇ ನಿರೂಪಿಸಿದರು – "ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕ್ರಿಯೆಯೂ ಸಮಾನವಾದ ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧವಾದ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ". ಆದರೆ ಈ ನಿಯಮವನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿರುವುದು ಅವರ ಉತ್ತರಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಿರಲಿಲ್ಲ.

ಉತ್ತರ – 2: 2ನೇ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರ ಆಯ್ಕೆ ಇ) ಯಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿತವಾಗಿರುವುದು. ಆದಾಗ್ಯೂ



ಚಲನೆ ಹೆಚ್ಚಾದಷ್ಟೂ ಬಲವೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ

ಪ್ರಶ್ನೆ 2: ಪ್ರಶ್ನೆ – 1ರ ದೃಶ್ಯವನ್ನೇ ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಆದರೆ ಈಗ ಕುರ್ಚಿ– B ಯ ಮೇಲೂ ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯ ಕುಳಿತಿದ್ದಾನೆ ಮತ್ತು ಅವನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಕುರ್ಚಿ– A ಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಿಂತ 1.5 ರಷ್ಟು ಅಧಿಕವಾಗಿದೆ. ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಇದ್ದಕ್ಕಿದ್ದಂತೆ ಕುರ್ಚಿ– B ಯನ್ನು ತಳ್ಳುತ್ತಾನೆ. ಏನಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸಿ ಮತ್ತು ಕೆಳಗೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಹೇಳಿಕೆಗಳಿಂದ ಸರಿಯಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿ.

ಎ) ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯನಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕುರ್ಚಿ– B ಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯನಾಗಲಿ ಒಬ್ಬನು ಇನ್ನೊಬ್ಬನ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಬಿ) ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿ– Bಯ ಮೇಲೆ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾನೆ. ಆದರೆ ಆ ಕುರ್ಚಿ ಮನುಷ್ಯನ ಮೇಲೆ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಸಿ) ಕುರ್ಚಿ– B ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಈ ಇಬ್ಬರೂ ಒಬ್ಬರು ಇನ್ನೊಬ್ಬರ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ, ಆದರೆ ಕುರ್ಚಿ ಮನುಷ್ಯನ ಮೇಲೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ.

ಡಿ) ಕುರ್ಚಿ– B ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ – ಈ ಇಬ್ಬರೂ ಒಬ್ಬರು ಇನ್ನೊಬ್ಬರ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿಯ ಮೇಲೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾನೆ.

ಇ) ಕುರ್ಚಿ– B ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಒಬ್ಬರು ಇನ್ನೊಬ್ಬರ ಮೇಲೆ ಒಂದೇ ಪರಿಮಾಣದ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಎಫ್) ಕುರ್ಚಿ– B ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯನ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿ– Bಯ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಉತ್ತರಗಳು: 15 (56%) ಸಹ–ಭಾಗಿಗಳು ಪರ್ಯಾಯ ಸಿ) ಯನ್ನು, 5(18%) ಮಂದಿ ಪರ್ಯಾಯ ಇ) ಯನ್ನು, 3(12%) ಮಂದಿ ಪರ್ಯಾಯ ಎಫ್) ಅನ್ನು, ಇಬ್ಬರು (7%) ಪರ್ಯಾಯ ಬಿ) ಯನ್ನು ಮತ್ತು ಒಬ್ಬರು (4%) ಮಂದಿ ಪರ್ಯಾಯ ಎ) ಯನ್ನು, ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದ್ದರು.

ನೀವು ಯಾವ ಪರ್ಯಾಯವನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡುವಿರಿ?





ಚಿತ್ರ 3. ಕುರ್ಚಿ–Aಯಲ್ಲಿ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿ–Bಯಲ್ಲಿ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯನೊಂದಿಗೆ ಕುರ್ಚಿಯನ್ನು ತಳ್ಳುತ್ತಿರುವುದು.

ಕೃಪೆ: ಸೌರವ್ ಶೋಮೆ ಲೈಸೆನ್ಸ್– CC-BY-NC

ಸಹಭಾಗಿಗಳ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟೊಂದು ವೈವಿಧ್ಯತೆ ಇದ್ದುದು ಏಕೆ?

ಆಯ್ಕೆ ಸಿ) ಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದ್ದವರು ನ್ಯೂಟನನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಎರಡನೇ ನಿಯಮವನ್ನು ಉಪೇಕ್ಷಿಸಿದ್ದರು ಎನ್ನುವುದು ಸಾಬೀತಾಗುತ್ತದೆ. ಚಲಿಸಿದ (ಕ್ರಮಿಸಿದ) ದೂರವನ್ನು ಅಥವಾ ಅದು ಉಂಟು ಮಾಡಿದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು ಹೋಲಿಸುವುದು ಮಾತ್ರ ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿರುವ ಬಲದ ಪರಿಮಾಣವು ಸಮಾನವಾಗಿಲ್ಲ ಎಂಬ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬರಲು ಸಾಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ನಾವು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಸ್ತುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ, ಆಯ್ಕೆ ಎಫ್) ಅನ್ನು ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿಕೊಂಡ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಕುರ್ಚಿ–A ಚಲನೆಗಿಂತ ಕುರ್ಚಿ– Bಯ ಚಲನೆ ಕಡಿಮೆ ಇದ್ದುದರಿಂದ ಈ ಅಂಶವನ್ನು ಉಪೇಕ್ಷಿಸಿದ್ದರು. ಈ ಎರಡೂ ಉದಾಹರಣೆಗಳಲ್ಲಿ, ಕುರ್ಚಿಗಳು ಕ್ರಮಿಸಿದ ದೂರವನ್ನು ಪರಿಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಈ ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದ ಬಲದ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಅಂದಾಜು ಮಾಡಲು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದ್ದರು, ಆದರೆ ಅವರುಗಳು ಅವುಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳನ್ನು ಉಪೇಕ್ಷಿಸಿದ್ದರು, ಆಯ್ಕೆ ಬಿ) ಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿದ ಇಬ್ಬರು ಸಹ–ಭಾಗಿಗಳು ಸಜೀವ ವಸ್ತುಗಳು ಅಥವಾ ತಳ್ಳುವ ಇಚ್ಛೆ ಹೊಂದಿರುವ ವಸ್ತುಗಳು ಮಾತ್ರ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಬಲ್ಲವು ಎಂದು ತಪ್ಪಾಗಿ ಊಹಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದರು. ಪರ್ಯಾಯ ಎ) ಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿದ್ದ ಒಬ್ಬನೇ ಒಬ್ಬ ಸಹಭಾಗಿ ಮನುಷ್ಯನಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕುರ್ಚಿಯಾಗಲಿ ಒಂದು ಇನ್ನೊಂದರ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೇ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಲಿಲ್ಲ ಎಂದು ತಿಳಿಸಿದ್ದರು.

ಈ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಪ್ರಶ್ನೆ – 1 ಮತ್ತು ಪ್ರಶ್ನೆ – 2ಕ್ಕೆ ತಮ್ಮ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ತುಲನೆ ಮಾಡುವಂತೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ಹೇಳಲಾಯಿತು. ಕೆಲವು ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಂದ ಪಡೆದ ಉತ್ತರಗಳು ಬಲದ ಬಗ್ಗೆ ಅವರು ಹೊಂದಿದ್ದ ತಪ್ಪು–ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳಿಂದಲೇ ಹೊರಹೊಮ್ಮಿದ್ದವು. ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಕುರ್ಚಿ– Aಯಲ್ಲಿ ಕುಳಿತಿದ್ದ ಮನುಷ್ಯ ಮಾತ್ರ ಕುರ್ಚಿ– Bಯ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಎಂದು ಸೂಚಿಸಿದರು. ಎರಡನೇ ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಕುರ್ಚಿ– A ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿದ್ದ ಮನುಷ್ಯ ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ– B ಇಬ್ಬರೂ ಒಬ್ಬರು ಇನ್ನೊಬ್ಬರ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದರು, ಆದರೆ ಈ ಎರಡೂ ಕುರ್ಚಿಗಳು ಒಂದು ಮತ್ತೊಂದರ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದವು, ಆದರೆ ಈ ಎರಡು ಬಲಗಳ ಪರಿಮಾಣ ಒಂದೇ ಆಗಿರಲಿಲ್ಲ, ಮೊದಲನೇ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಕುರ್ಚಿ– B ಖಾಲಿಯಾಗಿದ್ದಿತು ಮತ್ತು ಎರಡನೇ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಆ ಕುರ್ಚಿ (ಕುರ್ಚಿ– B) ಚಲನೆಯಿಲ್ಲದ, ಹಾಗೂ ಕುರ್ಚಿ– A ಮೇಲಿದ್ದ ಮನುಷ್ಯನಿಗಿಂತ ಭಾರವಾಗಿದ್ದ ಮನುಷ್ಯನಿಂದ ಆಕ್ರಮಿತವಾಗಿತ್ತು.

ಈ ಎರಡೂ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ನೀಡುವಾಗ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ವಸ್ತುವಿನ ಚಲನೆಯ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದ ಬಲಕ್ಕೂ ಮಾತ್ರ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸಿದ್ದರು. ಸಮಾಧಾನಕರವಾದ ವಿಷಯವೆಂದರೆ,

ಈ ಉತ್ತರಗಳು ಸಹ–ಭಾಗಿಗಳಲ್ಲಿ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದವು. ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಈ ವಿರೋಧಾಭಾಸಗಳನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡುದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಅವುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ವಿಮರ್ಶಿಸತೊಡಗಿದರು. ಆದಾಗ್ಯೂ ಈ ಎರಡೂ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳಿಗೆ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೂರನೇ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಲು ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ತಿಳಿಸಲಾಯಿತು.

ಈ ಘಟ್ಟದಲ್ಲಿಯೂ ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ಈ ಎರಡೂ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳಿಗೆ ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ತಿಳಿಸುವ ಅಥವಾ ವಿವರಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನು ಮಾಡಲಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಎರಡು ಕುರ್ಚಿಗಳ ನಡುವೆ ಇದ್ದ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಸಹ–ಭಾಗಿಗಳು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡಲು, ಲೇಖಕರು ಅವರಿಗೆ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ನಿಯಮವನ್ನು ಪರಿಚಯಿಸಿದರು. ಭೂಮಿ ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲವು ಯಾವುದೇ ವಸ್ತು ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲಕ್ಕೆ ನಿಖರವಾಗಿ ಸಮಾನವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಉದಾಹರಿಸುತ್ತಾ ಲೇಖಕರು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೂರು ನಿಯಮಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ನಿಯಮಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಇರುವ ಸಂಬಂಧದ ಬಗ್ಗೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳ ಗಮನ ಸೆಳೆದರು.

ಉತ್ತರ – 3: ಮೊದಲನೆ ದೃಶ್ಯವನ್ನು ಪ್ರಸ್ತುತ ಪಡಿಸಿದ್ದಾಗ, ಎರಡು ಬಾಟಲ್‌ಗಳೂ ಒಂದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ನೆಲಕ್ಕೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ ಎಂದು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಪೂರ್ವಾನುಮಾನ ಮಾಡಿದರು. ಅವರ ನಿರೀಕ್ಷೆಯನ್ನು ದೃಢಪಡಿಸಲು ಎರಡು ನೀರು ತುಂಬಿದ ಬಾಟಲಿಗಳಿಂದ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಸಹಭಾಗಿಗಳ ಸೂಚನೆಯಂತೆ ಎರಡೂ ಬಾಟಲ್‌ಗಳನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಎತ್ತರದಿಂದ ನೆಲಕ್ಕೆ ಬೀಳಿಸಲಾಯಿತು. ನಿರೀಕ್ಷಿಸಿದಂತೆ, ಆ ಎರಡು ಬಾಟಲ್‌ಗಳು ಒಂದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದವು.

ಎರಡನೇ ದೃಶ್ಯಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಿಸುತ್ತಾ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಕಾಗದದ ಹಾಳೆಗಿಂತ ಪರ್ಸ್ ವೇಗವಾಗಿ ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟುತ್ತದೆ ಎಂದು ಪೂರ್ವಾನುಮಾನ ಮಾಡಿದರು. ಈ ದೃಶ್ಯದ ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷಿಕೆ ಈ ಪೂರ್ವಾನುಮಾನವನ್ನು ದೃಢಪಡಿಸಿತು. ಈ ಅವಲೋಕನಕ್ಕೆ ಏನು ಕಾರಣ ಎಂದು ಕೇಳಿದಾಗ ಕಾಗದದ ಹಾಳೆಯ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಗಾಳಿಯ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರತಿರೋಧದಿಂದಾಗಿ ಅದು ನಿಧಾನವಾಗಿ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ ಎಂದು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಸೂಚಿಸಿದರು.

ಮೂರನೇ ದೃಶ್ಯವನ್ನು ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸಲು ಒಂದು ನೋಟ್‌ಬುಕ್ಕನ್ನು ಮತ್ತು ಅದರಲ್ಲಿನದೇ ಒಂದು ಹಾಳೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಈ ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರ ಒಂದೇ ಆಗಿದೆ ಎಂದು ಖಚಿತಪಡಿಸಲಾಯಿತು. ನಂತರ ಈ ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಮುಖ ಭಾಗಗಳನ್ನು ನೆಲಕ್ಕೆ ಸಮತಲವಾಗಿರುವಂತೆ ಹಿಡಿದು ಒಂದೇ ಎತ್ತರದಿಂದ ನೆಲಕ್ಕೆ ಬೀಳಿಸಲಾಯಿತು. ಆಗ ಕಾಗದದ ಹಾಳೆ ನೋಟ್ ಬುಕ್‌ಗಿಂತ ನಿಧಾನವಾಗಿ ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿತು. ಹೀಗೆ ಏಕೆ ಆಯಿತು ಎಂಬುದನ್ನು ವಿವರಿಸುತ್ತಾ ಕಾಗದದ ಹಾಳೆ ಹಗುರವಾದುದರಿಂದ ಭಾರವಾಗಿದ್ದ ನೋಟ್ ಬುಕ್‌ನಂತೆ ಗಾಳಿಯ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಮೀರಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ ಎಂದು ಸೂಚಿಸಲಾಯಿತು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಆ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳ ಮುಖದ ಭಾಗವನ್ನು ನೆಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವಂತೆ ಹಿಡಿದುಕೊಂಡು ನೆಲಕ್ಕೆ ಬೀಳಿಸಿದಾಗ ಆ ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಒಂದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದ್ದವು.

ಉತ್ತರ – 4: 4ನೇ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರ (c) ಪರ್ಯಾಯದಲ್ಲಿರುವುದು. ಅಂದರೆ DH = DS. ಆದರೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟೊಂದು ವೈವಿಧ್ಯತೆ ಕಂಡು ಬಂದುದು ಏಕೆ?

ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ನಿಯಮದ ತಮ್ಮ ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ಈ ಸನ್ನಿವೇಶಕ್ಕೆ ಬಲದ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಸಹಾಯ ಮಾಡಲು ಲೇಖಕರು ಗುಂಡುಗಳು ಟೇಬಲ್ಲಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟಾಗ ಅವುಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದ ಬಲಗಳನ್ನು ಹೆಸರಿಸುವಂತೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳನ್ನು ಕೇಳಿದರು. ಕೆಲವು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲವನ್ನು ಹೆಸರಿಸಿದರೆ, ಓರ್ವ ಸಹಭಾಗಿ ಗುಂಡುಗಳು ಟೇಬಲ್ಲಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಉರುಳುತ್ತಿದ್ದಾಗಲೂ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲ ಗುಂಡುಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಿತ್ತು ಎಂದು

ಭಾರವಾದ ಮತ್ತು ಹಗುರವಾದ ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳೂ ಒಂದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ.

ಪ್ರಶ್ನೆ 3: ಕೆಳಗೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ದೃಶ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಎತ್ತರದಿಂದ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬಿಡಲಾಗಿದೆ. ಯಾವ ವಸ್ತು ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಬೇಗ ಬೀಳುತ್ತದೆ?

ದೃಶ್ಯ 1: ಒಂದು ಖಾಲಿ ಬಾಟಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ನೀರು ತುಂಬಿದ ಬಾಟಲಿ

ದೃಶ್ಯ 2: ಒಂದು ಪರ್ಸ್ ಮತ್ತೊಂದು ಕಾಗದದ ಹಾಳೆ

ದೃಶ್ಯ 3: ಒಂದು ನೋಟ್ ಬುಕ್ ಮತ್ತೊಂದು ಅದರಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಹಾಳೆ

ನೀವು ಯಾವ ಯಾವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವಿರಿ?

ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲ ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೂ ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಶ್ನೆ 4: ಎರಡು ಒಂದೇ ಗಾತ್ರದ ಕಬ್ಬಿಣದ ಗುಂಡುಗಳು ಒಂದೇ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಮತಲವಾಗಿರುವ ಟೇಬಲ್ ಮೇಲೆ ಉರುಳುತ್ತಿವೆ ಎಂದು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗುಂಡು ಟೊಳ್ಳಾಗಿದೆ, ಆದರೆ ಇನ್ನೊಂದು ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿದೆ. ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿರುವ ಗುಂಡು ಟೊಳ್ಳಾಗಿರುವ ಗುಂಡಿಗಿಂತ 10 ಪಟ್ಟು ಭಾರವಾಗಿದೆ. ಈ ಎರಡೂ ಗುಂಡುಗಳು ಟೇಬಲ್‌ನ ಅಂಚಿನಿಂದ ಒಂದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಬೀಳುತ್ತವೆ. ಟೊಳ್ಳಾದ ಗುಂಡು ಟೇಬಲ್‌ನ ತಳದಿಂದ DH ಸಮತಲೀಯ ದೂರದಲ್ಲಿ ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿರುವ ಗುಂಡು ಟೇಬಲ್‌ನ ತಳದಿಂದ DS ದೂರದವರೆಗೆ ಸಮತಲೀಯವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಕೆಳಗಿನ ಹೇಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವ ಹೇಳಿಕೆ DH ಮತ್ತು DS ಗಳಿಗಿರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಅತ್ಯುತ್ತಮ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ?

a) DH > DS

b) DH < DS

c) DH = DS

ಉತ್ತರಗಳು: ಹದಿನೇಳು (65 ಪ್ರತಿಶತ) ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಎ) ಉತ್ತರವನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದರು. ಒಬ್ಬರು (4 ಪ್ರತಿಶತ) ಪರ್ಯಾಯ ಉತ್ತರ ಬಿ) ಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿದರು. ಎಂಟು (31 ಪ್ರತಿಶತ) ಮಂದಿ ಉತ್ತರ ಸಿ) ಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದರು.

ನೀವು ಯಾವ ಉತ್ತರವನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವಿರಿ?

ವಾದಿಸಿದರು. ಪರ್ಯಾಯ ಎ) ಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿಕೊಂಡದ್ದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುತ್ತಾ, ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಈ ಸನ್ನಿವೇಶವನ್ನು ಹಗುರವಾದ ಮತ್ತು ಭಾರವಾದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಎಸೆಯುವಾಗ ಆಗುವ ತಮ್ಮ ಅನುಭವದೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿ ತಮ್ಮ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟರು. ಒಂದೇ ಬಲ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಎಸೆದಾಗ ಹಗುರವಾದ ವಸ್ತುಗಳು ಭಾರವಾದ ವಸ್ತುಗಳಿಗಿಂತ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ಅವರುಗಳು ವಾದಿಸಿದರು.

ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ನಿಯಮವನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿದ್ದರೂ ವಸ್ತುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲ ಆ ವಸ್ತುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಿಂದ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬ ತಮ್ಮ ನಿಲುವನ್ನೇ ಮುಂದುವರೆಸಿದುದು ಆಸಕ್ತಿಪೂರ್ವ ವಿಷಯವಾಗಿತ್ತು. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ವಿವಿಧ ಬಗೆಯ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬೀಳಿಸಿ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಕೇಳುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ತೋರಿಸಿದ್ದ ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷಿಕೆಗಳು ಈ ಸಹಭಾಗಿಗಳ ಈ ತಪ್ಪು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗೆ ಸವಾಲು ಒಡ್ಡಲಿಲ್ಲ. ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳು ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಸಮಾನ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ಒಂದೇ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಗೆ ಬೀಳುತ್ತವೆಯೇ ವಿನಾ ಆ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಸಮಾನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲದಿಂದಲ್ಲ. ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಸಮಾನ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಸಮಾನ ಬಲ ಎಂದು ತಪ್ಪಾಗಿ ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿದ್ದರು. ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಕೊಟ್ಟ ಉತ್ತರಗಳು ಬಲದ ಇನ್ನೂ ಮೂರು ಅಂಶಗಳನ್ನು ಬೆಳಕಿಗೆ ತಂದವು. ಈ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಷ್ಟವಾಗಿದೆ.

1. ಲಂಬೀಯವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲವು ಚಲನೆಯ ದಿಶೆಯ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೇ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವುದಿಲ್ಲ.
2. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತಿರುವ ವಿವಿಧ ಬಲಗಳ ಪೃಥಕ್ಕರಣವನ್ನು (ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮಾಡುವುದನ್ನು) ಪೂರ್ವಾನುಮಾನ ಮಾಡಲು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ನಿಯಮಗಳು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತವೆ.
3. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಚಲನೆಯನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗಲು ರಭಸದ ಬಲದ ಅಗತ್ಯವಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಉತ್ತರ – 5: ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಕೊಟ್ಟ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳು ವೈವಿಧ್ಯ ಪೂರ್ಣವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಆಸಕ್ತಿ ಪೂರ್ಣವಾಗಿಯೂ ಇದ್ದವು. ಎಲ್ಲಾ ಸಹ–ಭಾಗಿಗಳೂ ಎರಡು ರೀತಿಯ ಬಲಗಳು ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ A ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ತೊಡಗಿದ್ದವು ಎಂದು ಹೇಳಿದರು. ಒಂದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲ ಹಾಗೂ ಮತ್ತೊಂದು ಚೆಂಡನ್ನು ಎಸೆಯುವಾಗ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಬಲ. ಕೆಲವರು ಗಾಳಿ ಮತ್ತು ಚೆಂಡಿನ ನಡುವೆ ಉಂಟಾದ ಘರ್ಷಣೆ ಬಲವೂ ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿತ್ತು ಎಂದು ಸರಿಯಾಗಿಯೇ ಹೇಳಿದರು.

ರಭಸದ ವೇಗದಿಂದಾಗಿ ಚಲನೆ:

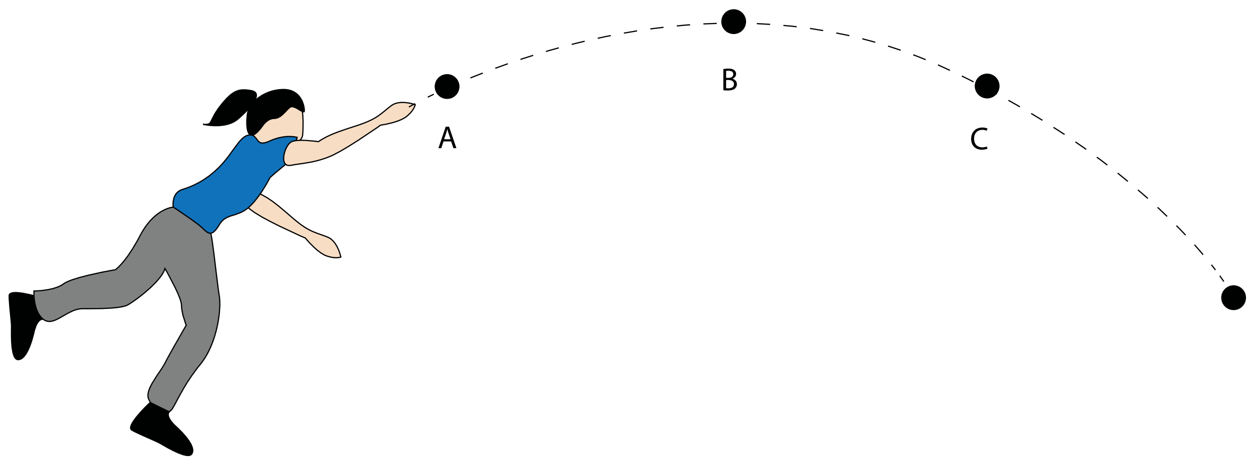
ಪ್ರಶ್ನೆ 5: **ಚಿತ್ರ 4**ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಒಬ್ಬ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿನಿಯು ಒಂದು ಕ್ರಿಕೆಟ್ ಚೆಂಡನ್ನು ಎಸೆಯುತ್ತಾಳೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ A, B ಮತ್ತು C ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವ ಬಲ(ಬಲಗಳು) ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿವೆ? ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಉಂಟಾಗುವ ಗಾಳಿಯ ಪ್ರತಿರೋಧದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ದಯಮಾಡಿ ಪರಿಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಡಿ.

ನೀವು ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಉತ್ತರಿಸುವಿರಿ?

ಆದರೆ ಬಿಂದುಗಳು B ಮತ್ತು C ಗಳಲ್ಲಿ ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಕೆಲಸಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ ಬಲಗಳ ಸ್ವರೂಪದ ಬಗ್ಗೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ವಿವಿಧ ನಿಲುವುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರು. ಹತ್ತು (38 ಪ್ರತಿಶತ) ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಚೆಂಡನ್ನು ಎಸೆದ ಬಲ ಬಿಂದು B ನಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯ (0) ಆಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಚೆಂಡು ಬಿಂದುವನ್ನು ತಲುಪುವ ಸಮಯಕ್ಕೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲ ಮಾತ್ರ ಅದರ ಮೇಲೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳಿದರು. ಈ ಉತ್ತರಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಹದಿನಾರು ಮಂದಿ (62 ಪ್ರತಿಶತ) ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಎಸೆತದ ಬಲ ಭೂಮಿಯನ್ನು ಮುಟ್ಟುವವರೆಗೂ ಉಳಿದಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬ ನಿಲುವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತ ಪಡಿಸಿದರು. ಆದರೆ ಚೆಂಡಿನ ವಿಕ್ಷೇಪ ಪಥದಲ್ಲಿ (ಟ್ರೆಜೆಕ್ಟರಿ) ಎಸೆತದ ಬಲ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಬಿಂದು Bಯಲ್ಲಿ ಎಸೆತದ ಬಲ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಬಿಂದು C ಯಲ್ಲಿ ಈ ಬಲ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲಕ್ಕಿಂತ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ದುರ್ಬಲವಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಘಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಚೆಂಡನ್ನು ಬ್ಯಾಟ್ ಒಂದರಿಂದ ಹೊಡೆದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ವಿಕ್ಷೇಪ ಪಥದ ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷಿಕೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಯಿತು ಮತ್ತು ಎಷ್ಟು ದೀರ್ಘಕಾಲ ಹೊಡೆತದ ಬಲ ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಕೆಲಸಮಾಡುತ್ತದೆ ಎಂದು ಸಹಭಾಗಿಗಳನ್ನು ಕೇಳಲಾಯಿತು. ಎಲ್ಲಾ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಚೆಂಡು ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವವರೆಗೂ ಬಲ ಚೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಿಸಿದರು. ಚೆಂಡನ್ನು ಹೊಡೆದ ವ್ಯಕ್ತಿ ಅದರೊಡನೆ ಚಲಿಸುವುದಿಲ್ಲವಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ಹೇಳಿ, ಚೆಂಡನ್ನು ಹೊಡೆಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಬಲ ಚೆಂಡಿನೊಂದಿಗೆ ಹೇಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಸಹಭಾಗಿಗಳನ್ನು ಪ್ರಶ್ನಿಸಲಾಯಿತು. ಚೆಂಡನ್ನು ಹೊಡೆದಾಗಿನ ಬಲ ಅದರೊಂದಿಗೆ ಚಲಿಸಿದ್ದರೆ ಚೆಂಡು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದೂರದವರೆಗೆ ಹೋದ ನಂತರ ಇನ್ನೂ ಮುಂದುವರೆಯದೆ ಏಕೆ ನಿಂತು ಹೋಯಿತು? ಮತ್ತು ಚೆಂಡಿಗೂ ಮತ್ತು ಬ್ಯಾಟಿಗೂ ಇದ್ದ ಸಂಪರ್ಕ ತಪ್ಪಿ ಹೋಗಿದ್ದರೂ ಚೆಂಡನ್ನು ಹೊಡೆದ ಬಲ ಚೆಂಡಿನೊಂದಿಗೆ ಹೇಗೆ ಚಲಿಸಿತು?

ಈ ಅಂಶವನ್ನು ಮತ್ತಷ್ಟು ಸ್ಪಷ್ಟಗೊಳಿಸಲು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲ ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡದೆ ಇರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಚೆಂಡನ್ನು ಹೊಡೆಯುವ ಸನ್ನಿವೇಶದ ಬಗ್ಗೆ ಚಿಂತಿಸಲು ಸಹಭಾಗಿಗಳನ್ನು ಕೇಳಲಾಯಿತು. ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೊದಲನೆ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ರಹಿತ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ಚೆಂಡನ್ನು ಎಸೆದಾಗ ಏನಾಗುತ್ತದೆ? ಆ ಚೆಂಡಿನ ವಿಕ್ಷೇಪ ಪಥ ಹೇಗಿರುತ್ತದೆ? ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೊದಲನೆ ನಿಯಮವನ್ನು ಈ ಸನ್ನಿವೇಶಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸಿ ಚೆಂಡು ಒಂದು ಸರಳ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತದೆ ಎಂದು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಪೂರ್ವಾನುಮಾನ ಮಾಡಬಲ್ಲರು. ಇದು ಚಲನೆಯ ಜಡತ್ವದಿಂದಲೆ ಹೊರತು, ಹೊಡೆತದ ಬಲದಿಂದಾಗಿ ಅಲ್ಲ. ಆದರೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಇದ್ದಾಗ, ಚೆಂಡು ವಕ್ರ ರೀತಿಯ ಪಥವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಚೆಂಡನ್ನು ಹೊಡೆದಾಗ ಒಂದೇ ಒಂದು ಬಲ ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವುದನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಆ ಬಲ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಬಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬ ತೀರ್ಮಾನವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವಂತಾಯಿತು.



ಚಿತ್ರ 4. ಓರ್ವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿನಿಯು ಎಸೆದ ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಬಲಗಳು ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತವೆ.
ಕೃಪೆ: ಸೌರವ್ ಶೋಮ್. ಲೈಸೆನ್ಸ್: CC-BY-NC

ಆದರೂ ಕೆಲವು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಈ ವಿವರಣೆಯಿಂದ ಅತೃಪ್ತರಾದುದು ಆಸಕ್ತಿಕರ ಅಂಶವಾಗಿತ್ತು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಓರ್ವ ಸಹಭಾಗಿ, "ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವ ಯಾವುದೇ ಬಲ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಚೆಂಡು ಆ ವಿಕ್ಷೇಪ ಪಥವನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡಲು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯ?" ಎಂದು ಕೇಳಿದರು.

ನಂತರ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ಪ್ರಶ್ನೆ 3ಕ್ಕೆ ಮತ್ತೆ ತಿರುಗಿಸಲಾಯಿತು. ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳೂ ತಮ್ಮ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಏನೇ ಆಗಿರಲಿ ಒಂದೇ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ನೆಲಕ್ಕೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ನೆನಪಿಸಲಾಯಿತು. ಇದನ್ನು ಕೇಳಿದಾಗ, ಕೆಲವು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಪ್ರಶ್ನೆ–3ರ ಪ್ರಕಾರ ಎರಡು ಚೆಂಡುಗಳೂ ಎಸೆದ ಚೆಂಡು ಮತ್ತು ಬ್ಯಾಟಿನಿಂದ ಹೊಡೆದ ಚೆಂಡು ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟಲು ಒಂದೇ ಸಮಯವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎಂದು ತೀರ್ಮಾನಿಸಿದರು. ಈ ಸೆಶನ್(ಸತ್ರದ) ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಬಲಗಳು ಜೊತೆಗಳಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಸ್ವತಂತ್ರ್ಯವಾಗಿ ನೆಲಕ್ಕೆ ಬೀಳುವ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲ ಮಾತ್ರ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೂರನೆಯ ನಿಯಮದ ಅರ್ಥವಾಗಿದೆ ಎಂಬ ಅಂಶವನ್ನು ಮನಗಾಣತೊಡಗಿದರು. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಮೂರನೇ ಪ್ರಶ್ನೆಯ ಉತ್ತರ ಪರಿಹಾರವಾಗದೇ ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿಯಿತು.

ತೀರ್ಮಾನ:

ವಿಜ್ಞಾನದ ಅನೇಕ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕರಿಗೆ ಬಲ, ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಆವೇಗಗಳಿಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಲ್ಪಿಸುವುದು ಕಷ್ಟವೆನಿಸುತ್ತದೆ.

ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಆವೇಗಗಳು ವಸ್ತುವಿನ ಜೊತೆಯಲ್ಲೇ ಹೋಗುವ ಸ್ಥಾಯೀಕೃತಗೊಂಡ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಎಂದೂ ಮತ್ತು ವಸ್ತುಗಳ ಗುಣಗಳು ಎಂದು ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ಬಲವು ವಸ್ತುವಿನೊಂದಿಗೆ ಹೋಗುವುದೂ ಇಲ್ಲ ಹಾಗೂ ಸ್ಥಾಯೀಕೃತಗೊಳ್ಳುವುದೂ ಇಲ್ಲ ಎಂಬ ಅಂಶಗಳನ್ನು ನೆನಪು ಮಾಡಿದಾಗಲೂ ಕೇವಲ ಈ ಹೇಳಿಕೆಗಳು ಸಹಭಾಗಿಗಳಲ್ಲಿ ಪರಿಕಲ್ಪನಾತ್ಮಕ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ತರಲು ಸಾಕಾಗಲಿಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಕಾರ್ಯಾಗಾರದ ಸತ್ರದಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸಿದ್ದ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಲು ಶಕ್ತರಾಗಿದ್ದರೂ ಅವುಗಳನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದರಲ್ಲಿ ಅಪೂರ್ಣತೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದರು. ಜಡತ್ವ ಮತ್ತು ಚಲನೆಗೆ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಅವರುಗಳು ಬಲ ಮತ್ತು ಚಲನೆಗೆ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ತೋರಿಸಿದರು, ಈ ವಿಚಾರ ಪ್ರೇರಕ/ರಭಸದ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದುದಾಗಿತ್ತು.

ಇದೇ ರೀತಿ ಬಲ ಹೇಗೆ ಕೆಲಸಮಾಡುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷಿಕೆಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುವುದು ಮಾತ್ರ ಗೆಲಿಲಿಯೋ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟನ್ನರ ಯಂತ್ರ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ (ಮೆಕ್ಯಾನಿಕ್ಸ್) ಬಲದ ಬಗ್ಗೆ ಪರಿಕಲ್ಪನಾತ್ಮಕ ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ವಿಕಾಸಗೊಳಿಸಲು ಸಾಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳೂ ಒಂದೇ ವೇಗದಿಂದ ನೆಲದ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬ ಸತ್ಯವನ್ನು ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷೀಕರಿಸಲು ವಿಸ್ತೃತ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದರೂ ಸಹ ವಸ್ತುಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಅವು ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದ ನಂತರದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳು ಚಲಿಸುವ ದೂರವನ್ನು ಪ್ರಭಾವಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಆರಂಭದಲ್ಲಿನ ತಮ್ಮ ತಿಳುವಳಿಕೆಗೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಅಂಟಿಕೊಂಡೇ ಇದ್ದರು. ಅವರ ಈ ಪರ್ಯಾಯ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳು ಭೌತಿಕ ಗುಣಗಳು ಕನಿಷ್ಠ ಮೂರು ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ (a) ಯಾಂತ್ರಿಕ ಬಲ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲ (b) ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಬಲ (c) ವೇಗ ಮತ್ತು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ – ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸೀಕರಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಸಹಭಾಗಿಗಳ ಅಸಮರ್ಥತೆಯಿಂದ ಹುಟ್ಟಿಕೊಂಡಿದ್ದವು.

ಶಿಕ್ಷಕರೊಂದಿಗೆ ನಡೆಸಿದ ಸಮೀಕ್ಷೆಯಿಂದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ಸ್ಫೂರ್ತಿಯುತ ಉದಾಹರಣೆಗಳು ಕಲಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗಬಹುದಾದ ತಪ್ಪು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ನಿವಾರಿಸಲು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಸಹಾಯ ಮಾಡಲು ಶಿಕ್ಷಕರಿಗೆ ಒಂದು ಉತ್ತಮ ಮಾರ್ಗವೆನ್ನಿಸಬಹುದು. ನಾವು ಅಂಥ ಕೆಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ದೃಷ್ಟಾಂತೀಕರಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಇವುಗಳನ್ನು ಅನೇಕ ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಪ್ರಶ್ನೆ 1 ಮತ್ತು 2ರಲ್ಲಿನ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುವಾಗ, ಇತರ ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷಿಕೆಗಳ ಜೋಡಿಗಳನ್ನು

ಸೇರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಈ ಬದಲಾವಣೆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಾಗಿರಬಹುದು ಅಥವಾ ತೂಕವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯನ್ನು ಕುರ್ಚಿ – Aಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಹಗುರವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯನ್ನು ಕುರ್ಚಿ – Bಯಲ್ಲಿ ಕೂರಿಸಿ ತೂಕವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ ಕುರ್ಚಿ – Bಯನ್ನು ತಳ್ಳುವುದಾಗಿರಬಹುದು ಅಥವಾ ಪ್ರತಿ ಕುರ್ಚಿಯ ಮೇಲಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಸಮಾನವಾಗಿಸುವುದಾಗಿರಬಹುದು ಮತ್ತು ಪ್ರತಿ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲೂ ಕುರ್ಚಿಗಳು ಕ್ರಮಿಸಿದ ಪರಸ್ಪರ ದೂರಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸುವುದಾಗಿರಬಹುದು. ಚರ್ಚೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರಬಹುದಾದ ಪರಿಕಲ್ಪನಾತ್ಮಕ ತಪ್ಪುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳ ಅನುಕ್ರಮವನ್ನು ಮತ್ತು ಮಧ್ಯೆ-ಮಧ್ಯೆ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ರಚಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಪ್ರಶ್ನೆ-4ರ ಸನ್ನಿವೇಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿನ ಎತ್ತರಗಳಿಂದ ಟೊಳ್ಳು ಮತ್ತು ಗಟ್ಟಿಯಾದ ಗುಂಡುಗಳನ್ನು ಬೀಳಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷೀಕರಿಸಬಹುದು.

ಈಗ ನಿಮ್ಮ ಸರದಿ – ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಇಂದೇ ನಿಮ್ಮ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಮುಂದೆ ತೋರಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿ. ಅವರ ಉತ್ತರಗಳಿಂದ ನೀವು ಆಶ್ಚರ್ಯಚಕಿತರಾಗುವಿರಿ!

ಸೂಚನೆ: ಈ ಲೇಖನದ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ಚಿತ್ರಕ್ಕೆ ಕೃತಜ್ಞತೆ: ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಂಡ ಸ್ವತಂತ್ರ ಪತನ – ಟೋನಿ ಡ್ಯಾನ್‌ಬರಿ – ವಿಕಿಮೀಡಿಯ ಕಾಮನ್ಸ್
URL:https:/commons.wikimedia.org/wiki/File/Aff-Level-I-SkydiveLangaring.LicenseCC-BY

ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು: ಕಾರ್ಯಾಗಾರದಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸಿದ್ದ ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ಫೌಂಡೇಷನ್ ನ ಉಧಮ್ ಸಿಂಗ್‌ನಗರದ ಜಿಲ್ಲಾ ಸಂಸ್ಥೆಯ ವಿಜ್ಞಾನ ತಂಡದ ಸದಸ್ಯರಿಗೆ ಮತ್ತು ಅನಾಮಧೇಯ ಸಮೀಕ್ಷಕರಿಗೆ ಲೇಖಕರು ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳನ್ನು ಅರ್ಪಿಸುತ್ತಾರೆ. ಈ ಲೇಖನದ ಹಸ್ತಪ್ರತಿಯನ್ನು ಓದಲು ಮತ್ತು ಪ್ರಕಟಣೆ ಮಾಡಲು ಯೋಗ್ಯವಾದುದನ್ನಾಗಿ ಮಾಡುವಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರ ಅವರಿಗೂ ಮತ್ತು ರಾಮ್‌ಜಿ ಅವರಿಗೂ ಲೇಖಕರು ಋಣಿಯಾಗಿದ್ದಾರೆ.

References

1. Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. American Journal of Physics, 50(1), 66-71.
2. Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. American Journal of Physics, 53(11), 1056-1065.
3. Rampal, A. (1995). Where the force is absent? Sandarbh, 3 (1), 19-33.
4. Trumper, R. (1995). The Need for Change in Elementary-school Teacher Training: The force concept as an example. Asia-Pacific Journal of Teacher Education, 26 (1), 7-25.
5. Shome, S. (2013). When objects fail to move despite force being exerted! Voices of Teachers and Teacher Educators, 2 (2), 38-43.
6. Jammer, M. (1962). Concepts of force. USA: Harper Torchbook.
7. Hestenes, D., Wells, M., and Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. The Physics Teacher, 30 (3), 141 – 158.



ಸೌರವ್ ಶೋಮ್ – ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ಫೌಂಡೇಷನ್‌ನಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಅವರನ್ನು ಸಂಪರ್ಕಿಸುವ ಇಮೇಲ್ ವಿಳಾಸ – saurav.shome@azimpremjifoundation.org ಅಥವಾ shomesaurav @gmail.com.

ಅನುವಾದ: ಗಾಯತ್ರಿ ಮೂರ್ತಿ **ಪರಿಶೀಲನೆ**: ನಿರ್ಮಲ ಜಿ.ವಿ.